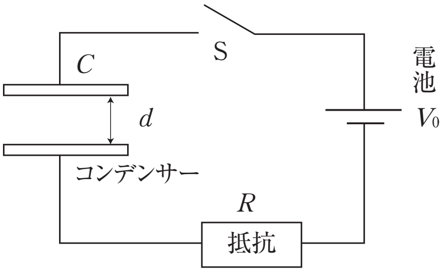
第16講　コンデンサー

1

電気容量 C で，極板の間隔が d の平行板コンデンサーと抵抗値 R の抵抗，起電力 V_0 の電池，およびスイッチSを図に示すように接続する。導線やスイッチの抵抗，電池の内部抵抗は無視できるものとする。また，コンデンサーの極板の間は真空であるとする。以下の各問に答えなさい。



次の文章の空欄に該当するものを，選択肢から選び答えなさい。

問1　時刻 $t = 0$ のときスイッチを閉じてコンデンサーの充電を開始する。直後に抵抗に流れる電流は（　ア　）である。その後電荷がコンデンサーにたまるにつれて電流は減少する。時刻 t（＞0）のときの電流を I，コンデンサーの極板間の電位差を V とするとキルヒホッフの法則より，I =（　イ　）となる。また，時刻 t までに蓄えられた電気量 Q と V の間には Q =（　ウ　）の関係がある。コンデンサーの充電は電位差 V が，電池の起電力 V_0 に等しくなったときに終了する。

充電が終わるまで，電池は常に一定の起電力 V_0 で電池の負極から正極へ全部で（　エ　）の電荷を運んだので，この間に電池がする仕事は V_0 とコンデンサーの容量 C を用いると（　オ　）のように表される。そのうち，（　カ　）が静電エネルギーとしてコンデンサーに蓄積されている。

充電終了後，コンデンサーの極板間には，端の影響を無視すると極板に垂直で一様な電場（電界）が作られている。

① $\dfrac{V_0}{R}$　② $\dfrac{1}{R}(V_0 + V)$　③ $\dfrac{1}{R}(V_0 - V)$　④ $\dfrac{1}{R}(V - V_0)$
⑤ CV_0　⑥ $\dfrac{1}{2}CV_0^2$　⑦ CV_0^2　⑧ CV^2
⑨ CV

問2　充電が終了するまでの間に抵抗で発生したジュール熱は（　キ　）$\times 10^{-10}$［J］である。次の選択肢から最も近い数値を選びなさい。ただし，V_0 は5［V］，d は3［mm］，コンデンサーの極板は一辺10［cm］の正方形，真空の誘電率を 8.85×10^{-12}［F/m］として計算しなさい。

① 2.7　② 2.9　③ 3.0　④ 3.4
⑤ 3.7　⑥ 4.0　⑦ 7.4　⑧ 8.9
⑨ 9.0

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

< Note >

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

2

図1のように面積が等しい2枚の電極板A，Bをd［m］離して平行に置いて平行板コンデンサーを作る。電極板A，Bにそれぞれ電荷$-Q$［C］，$+Q$［C］を与えた。電極板の面積S［m^2］は十分大きく，真空の誘電率をε_0［F/m］として，以下の問いに答えよ。

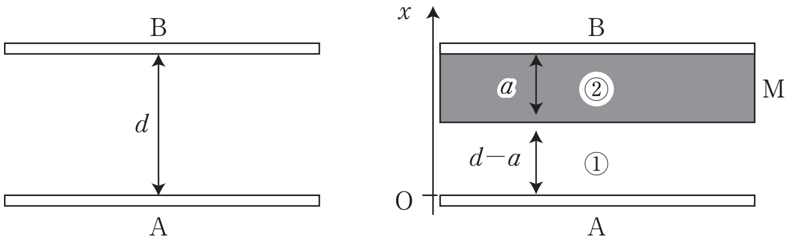


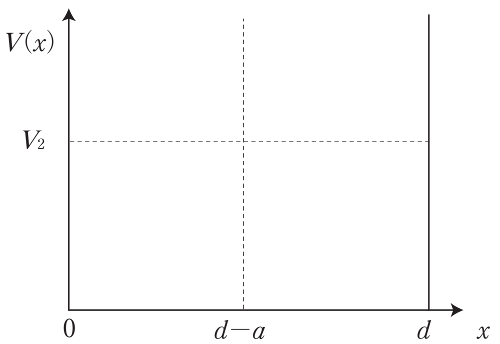
図1　　図2

［A］　解答にあたっては，(2)で挿入する金属板Mの厚さをa［m］としてd，S，ε_0，Q，aの中から適切な文字を用いて表せ。(3)については図示せよ。

(1)　図1で電極板AB間が真空であるとする。電極板AB間の電場の大きさE_1［V/m］，電極板AB間の電位差V_1［V］，コンデンサーの電気容量C_1［F］を求めよ。

(2)　両極板の電荷をそのままにして，図2のように金属板Mを電極板Bに接するように挿入した。この金属板の面の形と大きさは電極板と同じで，厚さはaである。このときの真空の領域を①，金属板Mの領域を②とする。コンデンサー内の領域①，②の電場の大きさE_2［V/m］，E_3［V/m］を求めよ。

(3)　図2に示すように，電極板Aの位置を原点にとり，図の鉛直方向にx軸をとる。(2)の結果をもとに，電極板AB間の電位差V_2を求めよ。さらに，電極板AB間の各点と電極板Aとの電位差をxの関数V（x）として所定の解答欄に実線で図示せよ。



［A］(3)の解答欄

(4)　図2のコンデンサーの電気容量C_2［F］を求めよ。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

＜ Note ＞

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

［B］ 電極板の電荷を［A］のままにして，図3のように，金属板を挿入した位置と同じ位置に面の形が同じで，厚さa，面積Sの誘電体Dを，挿入した。挿入した誘電体Dの比誘電率を$\varepsilon_r>1$とする。真空の領域を①，誘電体Dの領域を②として以下の問いに答えよ。(1)と(2)については，適切な記号で答えよ。(3)については所定の解答欄に実線で図示せよ。

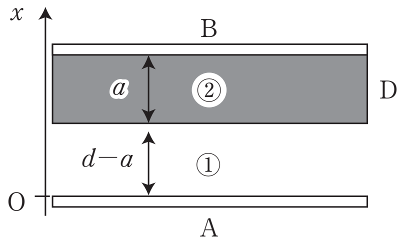
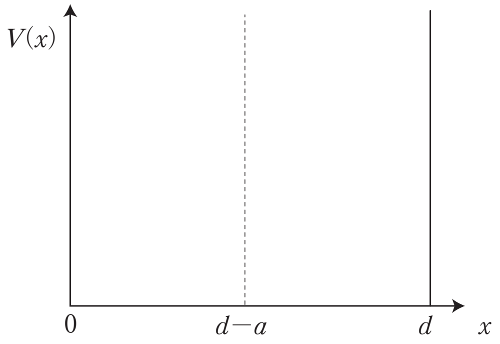


図3

(5) 誘電体Dを挿入した場合と，［1］のように金属板Mを挿入した場合の真空の領域①の電場の大きさを比べると，（金属板Mを挿入した場合の領域①の電場の大きさ）{(a)＜，(b)＝，(c)＞}（誘電体Dを挿入した場合の領域①の電場の大きさ）である。

(6) 誘電体を挿入後の領域①と領域②の電場の大きさを比べると，（①の領域の電場の大きさ）{(a)＜，(b)＝，(c)＞}（②の領域の電場の大きさ）である。

(7) 図2と同様に，原点Oとx軸をとる。電極板AB間の各点と電極板Aとの電位差をxの関数$V(x)$として，(1)と(2)の解答を反映するように実線で図示せよ。①と②の領域の境界における電位差の値についてはd，S，ε_0，ε_r，Q，aの中から適切な文字を用いて縦軸に記入せよ。



［B］(3)の解答欄

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

< Note >

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第16講　確認テスト

次の文の［　　］に入れるのに最も適当なものを解答群から選び，答えなさい。

(1)　コンデンサーは2枚の同じ面積 S［m^2］を有する金属板を向かい合わせに距離 d［m］離して平行に置くことにより，製作することができる。この金属板の間に電気容量 C が生じる。この電気容量 C［F］は

$$C=\varepsilon\frac{S}{d}$$

で与えられる。ただし，ε は誘電率と呼ばれ，金属板にはさまれる誘電体（絶縁体）によって決まる定数である。よって，金属板の面積を2倍にすれば，元の電気容量の［ア］倍になる。また誘電体（絶縁体）の厚さを2倍にすれば，元の電気容量の［イ］倍になる。そして，$S=0.2\mathrm{m}^2$，$d=0.1\mathrm{mm}$，$\varepsilon=1\times10^{-10}\mathrm{F/m}$ とすれば，$C=$［ウ］F となる。

［ア］，［イ］の解答群

①　$\frac{1}{4}$　　②　$\frac{1}{2}$　　③　1　　④　2　　⑤　4

［ウ］の解答群

①　1×10^{-8}　　②　2×10^{-8}　　③　5×10^{-8}　　④　1×10^{-7}　　⑤　2×10^{-7}

(2)　電気容量が C_1［F］であるコンデンサーと電気容量が C_2［F］であるコンデンサーが1つずつある。これらを直列に接続したときの合成された電気容量 C_s［F］および並列に接続したときの合成された電気容量 C_p［F］はそれぞれ $C_s=$［エ］［F］，$C_p=$［オ］［F］である。

［エ］，［オ］の解答群

①　C_1+C_2　　②　C_1C_2　　③　$\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}$　　④　$\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}$　　⑤　$\sqrt{C_1{}^2+C_2{}^2}$

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

＜ Note ＞

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第 16 講　コンデンサー

1

ア：①　イ：③　ウ：⑨　エ：⑤　オ：⑦　カ：⑥　キ：⑤

2

［A］(1)　$E_1=\dfrac{Q}{\varepsilon_0 S}$ [V/m]，$V_1=\dfrac{Qd}{\varepsilon_0 S}$ [V]，$C_1=\dfrac{\varepsilon_0 S}{d}$ [F]

(2)　$E_2=\dfrac{Q}{\varepsilon_0 S}$ [V/m]，$E_3=0$ [V/m]

(3)　$V_2=\dfrac{Q(d-a)}{\varepsilon_0 S}$ [V]，右図 1

(4)　$C_2=\dfrac{\varepsilon_0 S}{d-a}$ [F]

［B］(5)　(b)

(6)　(c)

(7)　右図 2

図1

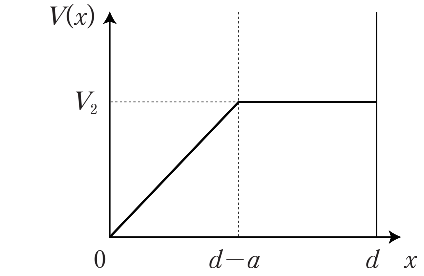
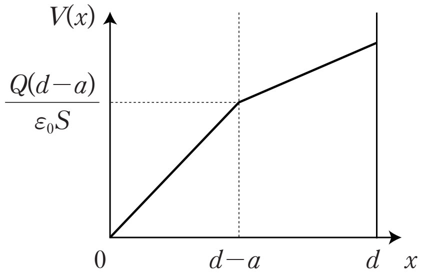


図2



ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第16講　確認テスト

【解答】

ア　④　　イ　②　　ウ　⑤　　エ　④　　オ　①

【解説】

(1)　$C = \varepsilon \dfrac{S}{d}$　…（＊）

ア　（＊）で $S \to 2S$ とすると，

$$C' = \varepsilon \frac{2S}{d} = 2C \qquad \therefore \ \underline{2\text{倍}}$$

イ　（＊）で $d \to 2d$ とすると，

$$C'' = \varepsilon \frac{S}{2d} = \frac{1}{2}C \qquad \therefore \ \underline{\frac{1}{2}\text{倍}}$$

ウ　（＊）に数値を代入して，

$$C = 1.0 \times 10^{-10} \times \frac{0.2}{0.1 \times 10^{-3}} = \underline{2.0 \times 10^{-7}\ [\mathrm{F}]}$$

(2)

エ　直列のとき，

$$\frac{1}{C_\mathrm{S}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \qquad \therefore \ \underline{C_\mathrm{S} = \frac{C_1C_2}{C_1 + C_2}\ [\mathrm{F}]}$$

オ　並列のとき，

$$C_\mathrm{P} = \underline{C_1 + C_2}$$

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。